

普通高等教育规划教材
机械制造基础系列

机械精度设计与 检测基础

(第二版)

主编 姚海滨 王庭俊



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育规划教材

机械制造基础系列

机械精度设计与检测基础

Jixie Jingdu Sheji yu Jiance Jichu

(第二版)

主 编 姚海滨 王庭俊
副主编 杨琪文 张 凯 赵 翔



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是在第一版基础上力求按教学规律阐述机械精度设计与检测技术的基础知识和基本技能,各种典型机械零件精度设计与检测的基本方法,各种公差标准在工程设计中的应用。为配合教学和工程应用的需要,书中各章均有思考题和作业题。

本书内容为:互换性与标准概论,测量技术基础,尺寸精度的设计与检测,几何精度的设计与检测,表面粗糙度与检测,滚动轴承的精度与检测,圆锥结合精度的设计与检测,键与花键结合精度的设计与检测,螺纹精度的设计与检测,圆柱齿轮精度的设计与检测,尺寸链精度设计基础和机械零件精度设计实例共12章。

本书可供高职高专院校机械类各专业教学使用,也可供从事机械设计、制造、标准化和检测等工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械精度设计与检测基础/姚海滨,王庭俊主编.
--2版.--北京:高等教育出版社,2013.9
ISBN 978-7-04-038019-4

I. ①机… II. ①姚…②王… III. ①机械-精度-设计-高等学校-教材②机械元件-检测-高等学校-教材 IV. ①TH122②TG801

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 163084 号

策划编辑 徐 进 责任编辑 李文轶 封面设计 于文燕 版式设计 余 杨
插图绘制 尹 莉 责任校对 刘 莉 责任印制 张福涛

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	北京天来印务有限公司		http://www.landaco.com.cn
开 本	787mm×1092mm 1/16	版 次	2010 年 10 月第 1 版
印 张	14.5		2013 年 9 月第 2 版
字 数	350 千字	印 次	2013 年 9 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	23.60 元
咨询电话	400-810-0598		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 38019-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

反盗版举报传真：(010)82086060

E-mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社打击盗版办公室

邮编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

出版物数码防伪说明：

本图书采用出版物数码防伪系统，用户购书后刮开封底防伪密码涂层，将16位防伪密码发送短信至106695881280，免费查询所购图书真伪详情请查询中国扫黄打非网(<http://www.shdf.gov.cn>)。

反盗版短信举报：编辑短信“JB，图书名称，出版社，购买地点”发送至10669588128

数码防伪客服电话：(010)58582300/58582301

增值学习卡账号使用说明：

学习卡是为使用本教材的学生与老师提供在线学习和数字资源下载的一项增值服务。

使用时，请您访问网址 <http://hve.hep.com.cn>，以前未在本网站注册的用户，请先用您的邮箱进行注册，注册成功的邮箱即为登录账号。用户登录后，可使用本书封底标签上的防伪明码和暗码进行充值，成功后可获得50小时的高职相关课程的多项增值服务。

已充值的课程自充值之日起一年内有效，过期作废。

使用本学习卡账号如有问题，请发邮件至：hvziyuan@pub.hep.cn

学习卡咨询电话：010-58581894

第二版前言

“机械精度设计与检测基础”课程即“互换性与测量技术”课程,是高职院校机械类各专业的一门应用性很强的技术基础课,是学好后续专业课程的基础。

本次修订力求锤炼精品,遵循高职高专教育的特点,围绕制造业对人才培养的要求,依据校企合作人才培养模式,推行教学模式改革,以“保证基础、加强应用、体现先进、突出以能力为本位”的职业教育特色为指导思想,以“必需、够用”为度,遵循“宽、新、浅、用”的原则,确保针对性和实用性,重点反映机械类各专业基本能力和基本技能的培养要求,以适应社会对本专业人才的需要。

全书修订后的特点如下:

1. 内容上强调与产业和岗位的契合。精选的精度设计和精度检测实例均来源于企业。
2. 采用我国最新的公差标准,并注意由旧标准向新标准的过渡。
3. 重点讲解国家标准规定的要求,淡化理论推导,突出行业特色,实用性强、可读性好,从尺寸精度开始,层层推进,由简单到复杂。
4. 以典型的精度设计与检测工作任务为中心整合教材的理论与实践,将精度设计和精度检测内容融合,形成完成工作任务的综合性教学项目,将知识的学习和技能的训练有机结合,以培养学生的精度设计能力和精度检测能力为双主线,加强适用性,强调学以致用。
5. 考虑了向前与“机械制图”、向后与“机械设计基础”课程的配合与衔接,同时考虑了与中职课程的配合与衔接。
6. 提供与教材配套的数字化资源,包括教学课件、实验和学习指导书、教学大纲和电子教案、作业及题解、试题库、网络课程及名师讲课录像。

书中附有机械精度设计时常用到的公差,可作为设计参考。

本课程的参考学时为 36~54 学时,其中实践教学学时应不少于 1/3。参考学时分配大致如下表所列。

表 参考学时分配表

序号	内容	理论教学学时	现场教学学时	实验学时
1	互换性与标准概论	2	—	2
2	测量技术基础	4	4	
3	尺寸精度的设计与检测	8	2	
4	几何精度的设计与检测	7	—	2
5	表面粗糙度与检测	2	(2)	2
6	滚动轴承的精度与检测	1	—	
7	圆锥结合精度的设计与检测	自学	—	2
8	键与花键结合精度的设计与检测	自学	—	
9	螺纹精度的设计与检测	1	—	
10	圆柱齿轮精度的设计与检测	2	—	



续表

序号	内容	理论教学学时	现场教学学时	实验学时
11	尺寸链精度设计基础	自学	—	—
12	机械零件精度设计实例	1	—	—
小计		28	(8)	8
合计		36		

本次修订再版由扬州职业大学姚海滨和扬州工业职业技术学院王庭俊担任主编,扬州职业大学杨琪文、南通职业大学张凯、扬州职业大学赵翔为副主编,编写任务分工为:姚海滨(第1、2、11章)、王庭俊(第3章)、杨琪文(第4章)、张凯(第10章)、赵翔(第8、9章)、慈瑞梅(第5、6章)和胡林岚(第7、12章),高艳、李芳帮助绘制了书中的部分图稿。

本次修订再版的审阅由南京航空航天大学机械工程学院程筱胜教授和陈炳发教授、扬州核威碟形弹簧制造有限公司郭斌高级工程师等组成的教材建设指导审查组完成。

本次修订再版过程中,得到很多兄弟院校和企业有关同志的热情支持和帮助,谨此表示谢意。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编者

2013年6月

目 录

第 1 章 互换性与标准概论	1	思考与练习五	126
1.1 机械精度设计的研究对象	1	第 6 章 滚动轴承的精度与检测	128
1.2 标准化与优先数系	3	6.1 滚动轴承公差	128
1.3 检测技术的发展	4	6.2 滚动轴承与轴颈、外壳孔的 配合	131
1.4 本课程的特点和任务	5	6.3 与滚动轴承配合的轴颈及 外壳孔的精度检测	138
思考与练习一	6	思考与练习六	139
第 2 章 测量技术基础	7	第 7 章 圆锥结合精度的设计与检测	140
2.1 基本概念	7	7.1 概述	140
2.2 测量器具和测量方法	13	7.2 圆锥的公差与配合	142
2.3 测量误差及数据处理	16	7.3 锥度与圆锥角的精度检测	148
思考与练习二	22	思考与练习七	150
第 3 章 尺寸精度的设计与检测	24	第 8 章 键与花键结合精度的设计与 检测	152
3.1 基本术语及其定义	24	8.1 普通平键结合精度的设计与 检测	152
3.2 极限与配合国家标准的构成	30	8.2 矩形花键结合精度的设计与 检测	157
3.3 尺寸精度设计	42	思考与练习八	162
3.4 孔、轴精度的检测	55	第 9 章 螺纹精度的设计与检测	164
思考与练习三	64	9.1 螺纹副的使用要求和几何 参数	164
第 4 章 几何精度的设计与检测	67	9.2 影响螺纹精度的因素	169
4.1 概述	67	9.3 普通螺纹精度设计	172
4.2 几何公差的标注及其公差带	70	9.4 普通螺纹精度检测	179
4.3 公差原则与公差要求	83	思考与练习九	181
4.4 几何精度设计	92	第 10 章 圆柱齿轮精度的设计与检测	182
4.5 形状和位置精度的检测	101	10.1 齿轮传动的使用要求	182
思考与练习四	106	10.2 齿轮的加工误差	184
第 5 章 表面粗糙度与检测	110	10.3 评定齿轮精度的偏差项目及 其检测	184
5.1 概述	110		
5.2 表面粗糙度的评定	111		
5.3 表面粗糙度的参数数值及其 选用	114		
5.4 表面粗糙度符号、代号及其 标注	119		
5.5 表面粗糙度的检测	123		



10.4 圆柱齿轮的精度标准及精度设计	194	第12章 机械零件精度设计实例	213
思考与练习十	202	12.1 典型零件的精度设计	213
第11章 尺寸链精度设计基础	203	12.2 装配图上标注的尺寸和配合代号	219
11.1 基本概念	203	思考与练习十二	221
11.2 用完全互换法解尺寸链	206	参考文献	222
思考与练习十一	212		

1.1 机械精度设计的研究对象

机械设计通常可分为三部分:机械的运动设计、机械的结构设计和机械的精度设计。

机械的运动设计是根据机械的工作要求,适当地选择执行机构,通过一系列的传动系统组成机器。机械的运动设计主要是以实现机械运动要求为目的的运动方案的设计,机器的运动方案用机构运动简图来表示。

机械的结构设计是根据机械零件应具有强度、刚度、寿命要求以及结构工艺性要求等所进行的结构设计。机械的结构设计用机械的零件图、装配图来表示。

机械的精度设计是根据机械的功能要求,正确地选择机械零件的尺寸精度、形状和位置精度以及表面微观轮廓精度而进行的设计。机械的精度设计要求标注在机械零件图、装配图上。可以说,在机械设计中若没有精度要求,那么设计的产品就没有实际意义。

本课程的主要研究对象是机械零件的互换性、公差与检测。

1.1.1 互换性

互换性的概念在日常生活中经常用到。例如,自行车、洗衣机或小轿车的某个零部件坏了,换上一个相同规格的新零部件,即可正常使用。之所以这样方便,是因为这些合格的零部件在尺寸、功能上具有能够互相替换的性能。在日用工业品、机械产品、电子产品以及军工产品等各生产部门,互换性都被广泛采用。

什么叫互换性呢?互换性是指在同一规格的一批零部件中任取一件,装配时不需经过任何挑选、修配或调整,就能装配在整机上,并能满足使用性能要求的特性。

显然,互换性应该同时具备三个条件:第一,装配前,任取其一,不挑不修;第二,装配时,能很好地进行装配;第三,装配后,能满足使用性能要求。

互换性的作用为:第一,在制造方面,有利于专业化生产,有利于采用先进工艺和高效率的专用设备,提高产品质量,降低生产成本;第二,在设计方面,可最大限度地采用标准件(如平键、V带)、标准部件(如滚动轴承),可大大简化制图和计算工作,缩短设计周期,有利于采用计算机辅助设计(CAD)和实现产品品种多样化;第三,在使用和维修方面,零部件具有互换性,能及时更换



磨损或损坏了的零部件(如减速器中的滚动轴承),因此可以减少机器的维修时间和费用,保证机器能正常运转,提高机器的使用价值。

总之,互换性在提高产品质量及可靠性、经济性等方面具有重大的意义。互换性原则已成为许多工业部门产品设计和制造中一个普遍遵守的原则,对促进我国的现代化工业生产起着积极的作用。

在不同的场合,零部件互换的形式和程度有所不同,因此互换性分为完全互换和不完全互换。

完全互换是零部件装配或更换时不需要挑选或调整,装上即能满足性能要求。例如,对于一批孔和轴装配后的间隙,要求控制在某一范围内,据此规定了孔和轴的尺寸允许变动范围。孔和轴加工后只要符合设计的规定,它们就具有完全互换性。

不完全互换是指在零部件装配前附加挑选或调整的要求,可以用分组装配法、调整装配法或其他方法来实现。

一般说来,不完全互换只限于部件或机构制造厂内部的装配;对于厂际协作,即使需求量不大,通常也应要求能够完全互换。

需要说明的是,机械制造中的互换性不仅仅取决于它们的几何参数的一致性,还取决于它们的物理性能、化学性能的一致性。因此,互换性可分为几何参数互换性和功能参数互换性。本课程只研究几何参数的互换性。

1.1.2 公差

几何量允许的变动量叫做公差。在加工零件的过程中,由于种种因素的影响,零件各部分的尺寸、形状、方向、位置以及表面粗糙程度等几何量难以达到理想状态,总是有或大或小的误差。而从零件的功能看,不要求零件几何量制造得绝对准确,只要求零件的几何量在某一规定范围内变动,保证同一规格零件的几何量彼此充分接近真实值。

几何量公差主要是指机械零件的尺寸公差、形状公差、位置公差以及表面粗糙度评定参数。

公差是在产品的设计过程中由设计者提出的技术要求,是机械精度设计的具体数值体现。公差标注在图样上。公差是互换性生产的保证。在满足功能要求的前提下,公差应尽量规定得大一些,以获得最佳的技术经济效益。

1.1.3 检测

检测是检验与测量的统称。要实现互换性,除了合理地规定公差之外,还必须对加工后的零件的几何量加以检验或测量,以判断它们是否符合设计要求。检测是实现互换性生产的过程,是手段和措施。检验的特点是:检验的结果只能确定被测几何量是否在规定的极限范围之内(即是否合格),而不能获得被测几何量的具体数值。例如,用光滑极限量规检验孔、轴。测量的特点是:测量的结果是能获得被测几何量的具体数值。例如,用千分尺测量轴的直径。前者效率高,在车间尤其是大批量生产时被广泛使用;后者效率低,但使用广泛,尤其是在单件生产和新品试制时。



1.2 标准化与优先数系

在现代工业社会化的生产中,要实现互换性生产,必须制定各种标准,以利于各部门的协调和各生产环节的衔接。

1.2.1 标准化与标准

标准化是制定标准和贯彻标准的全过程,是互换性生产的基础。标准的制定离不开环境的限定,通过一段时间的执行,要根据实际使用情况,对现行标准加以修订或更新。所以,在执行各项标准时应以最新颁布的标准为准则。

标准是指在一定范围内使用的统一规定,是人们活动的依据。

机械行业主要采用的标准有国际标准、国家标准、地方标准、行业标准和企业标准等。国际标准用符号 ISO 表示,ISO 是国际标准化组织的英文缩写。国家标准用符号 GB 表示,GB 是国家标准汉语拼音的首字母。国家标准分为两类,强制执行的标准(记为 GB)和推荐执行的标准(记为 GB/T)。

1.2.2 优先数系及优先数

在设计机械产品和制定标准时,涉及很多技术参数,这些技术参数在生产环节中并非孤立存在。当选定一个数值作为某种产品的参数指标时,这个数值会按照一定的规律影响并限定有关的产品尺寸,这就是所谓的数值传播规律。例如,减速器箱体的紧固螺钉,按受力载荷算出所需的公称直径(即螺纹大径)之后,则被连接件箱体的螺孔数值随之而定,与之相配套的垫片尺寸,加工用的钻头、铰刀、丝锥与摆牙的尺寸,检测用的量规等也随之而定。这种技术参数的传播,在生产实践中是极为普遍的现象。

在工程技术中,参数数值即使是很小的差别,经过反复传递,也会引起尺寸规格的繁多和杂乱,给生产组织、协作配套及使用维修带来极大的困难,造成成本上升。因此,技术参数的数值不能随意选择,而应在一个理想的、统一的标准化数系中选择,用标准化数系来协调各部门的生产。机械行业所用的标准化数系就是优先数系。

1. 优先数系

国标 GB/T 321—2005《优先数和优先数系》采用十进制等比数列作为优先系列。优先数系的公比 $q_r = \sqrt[r]{10}$,并规定了 5 个系列($r = 5, 10, 20, 40, 80$),分别用系列符号 R5、R10、R20、R40、R80 表示,称为 R_r 系列。其中 R5、R10、R20、R40 称为基本系列,R80 称为补充系列。表 1-1 给出了基本系列的数值。

表 1-1 优先数系的基本系列(摘自 GB/T 321—2005)

R5	1.00		1.60		2.50		4.00		6.30		10.00
R10	1.00	1.25	1.60	2.00	2.50	3.15	4.00	5.00	6.30	8.00	10.00
R20	1.00	1.12	1.25	1.40	1.60	1.80	2.00	2.24	2.50	2.80	3.15
	3.55	4.00	4.25	5.00	5.60	6.30	7.10	8.00	9.00	10.00	



续表

R40	1.00	1.06	1.12	1.18	1.25	1.32	1.40	1.50	1.60	1.70	1.80
	1.90	2.00	2.12	2.24	2.36	2.50	2.65	2.80	3.00	3.15	3.35
	3.55	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.30	5.60	6.00	6.30
	4.70	7.10	7.50	8.00	8.50	9.00	9.50	10.00			

基本系列和补充系列具有如下规律:

① 延伸性 移动小数点位置,可将数列向两侧无限延伸,即数列中的优先数值每隔 r 项增加 10 倍或减小到 $1/10$ 。

② 包容性与插入性 包容性是指 R5、R10、R20、R40 数列分别包容在 R10、R20、R40、R80 数列中。插入性是指 R10、R20、R40、R80 数列分别由 R5、R10、R20、R40 数列中相邻两项之间插入一项形成。

③ 相对差比值不变性 相对差比值不变性是指同一优先数列中,相邻两项的后项减前项所得差值与前项的比值不变。这样有利于产品的分级、分档。

为了使优先数系有更大的适应性,可以从 R_r 数列中每逢 p 项取一个优先数组成新的数列,称之为派生数列,记为 R_r/p 。派生数列首项取值不同,所得的派生数列也不同。例如, $R_{10}/3$ 是在 R10 系列中每逢 3 项取一个优先数而形成,例如:

1.00、2.00、4.00、8.00

1.25、2.50、5.00、10.00

1.60、3.15、6.30、12.5

选用基本系列时,应遵循先疏后密的原则,即应按照 R5、R10、R20、R40 的顺序选取,以免规格过多。当基本系列不能满足分级要求时,可选用补充系列或派生系列。

2. 优先数

优先数系中每个数值称为优先数。由于优先数系的等比系数为无理数,所以优先数一般为无理数。在使用时要经过化整取近似值。根据精度要求,优先数值有以下 3 种:

① 计算值 取五位有效数字,常用于精确计算。

② 常用值 取三位有效数字,为常用值。

③ 化整值 取两位有效数字,一般不宜采用。

化整值不可随便化整,应遵循 GB/T 19764—2005《优先数和优先数化整值系列的选用指南》的规定。

1.3 检测技术的发展

为了实现互换性生产,检测(检验和测量)技术是保证机械零件、部件精度的重要手段,也是贯彻执行几何量公差标准的技术保证。检测技术的水平在一定程度上反映了机械加工的精度水平。从机械发展的历史来看,几何量检测技术发展是和机械加工精度的提高相互依存、相互促进的。根据国际计量大会的统计,机械零件加工精度大约每十年提高一个数量级,这都是由于检测



技术不断发展的缘故。例如,1940年机械式比较仪的出现,使机械加工精度水平从过去的 $3\text{ }\mu\text{m}$ 提高到 $1.5\text{ }\mu\text{m}$;1950年,光学比较仪的出现,使加工精度提高到 $0.2\text{ }\mu\text{m}$;1960年,圆度仪的出现,使加工精度提高到 $0.1\text{ }\mu\text{m}$;1969年,激光干涉仪的出现,使加工精度提高到 $0.01\text{ }\mu\text{m}$ 。

1955年,国家计量局成立,1959年国务院发布了《关于计量制度的命令》,统一了全国计量制度,随后还颁布了多个几何量公差标准。1977年国务院发布了《中华人民共和国计量管理条例》,1984年国务院颁布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》,1985年全国人大常委会通过并由国家主席颁布了《中华人民共和国计量法》,使我国国家计量单位的统一有了更好的保证,使全国量值更加准确、可靠,从而促进了我国社会主义现代化的建设和科学技术的发展。

随着现代化工业生产的发展,在建立和完善计量制度的同时,我国的检测仪器也有了较大的发展,现在已拥有一批骨干检测仪器制造厂,生产了许多品种的精密仪器,如万能工具显微镜、万能渐开线检查仪、半自动齿距检查仪等。此外,还研制出一些达到世界先进水平的量仪,如坐标测量机、激光光电比较仪、光栅式齿轮整体误差测量仪等。目前机械加工精度已达到纳米级,而相应的检测技术也已向纳米级发展。

1.4 本课程的特点和任务

1.4.1 本课程的特点和学习方法

“机械精度设计与检测基础”课程是培养学生如何进行机械精度设计的一门技术基础课,是联系设计课程和工艺课程的纽带,是从基础课学习过渡到专业课学习的桥梁。机械精度设计是本课程的基本内容,和标准化关系十分密切,而检测基础属于计量学的范畴。前者内容主要通过课堂教学和课外作业来完成,后者内容主要通过实验课来完成。

因为本课程术语定义多,符号、代号多,标准规定多,经验解法多,所以刚学完系统性较强的理论基础课的学生,往往感到概念难记,内容繁多。而且,从标准规定上看原则性强,从工程应用上看灵活性大,这对初学者来说较难掌握。但是,正像任何东西都离不开主体,任何事物都有它的主要矛盾一样,本课程尽管概念很多,涉及面广,但各部分都是围绕着保证互换性为主的精度设计问题,介绍各种典型零件几何精度的概念,分析各种零件几何精度的设计方法,论述各种零件的检测规定等。所以,在学习中应注意及时总结归纳,找出它们之间的关系。学生要认真按时完成作业,认真做实验和写实验报告,实验课是本课程验证基本知识、训练基本技能、理论联系实际的重要环节。

1.4.2 本课程的任务

学生在学习本课程时,应具有一定的理论知识和生产实践知识,即能读图、绘图,了解机械加工的一般知识和常用机构的原理。学生在学完本课程后应达到下列要求:

- ① 掌握标准化、互换性的基本概念以及与精度设计有关的基本术语和定义。
- ② 基本掌握本课程中机械精度设计标准的主要内容、特点和应用原则。
- ③ 初步学会根据机器或机器零件的使用要求,正确设计几何量公差并正确地标注在图样上。



④ 熟悉各种典型的几何量检测方法,初步学会使用常用的计量器具。

总之,本课程的任务是使学生获得机械工程师应掌握的机械精度设计和检测方面的基本知识和基本技能。此外,在后续课程,例如机械零件设计、工艺设计、毕业设计的学习过程中,学生都应正确、有效地应用本课程中学到的知识,最终将这些知识应用到工程实际中去。

思考与练习一

一、思考题

1. 什么叫互换性?它在机械制造中有何作用?互换性是否只适用于大批量生产?
2. 生产中常用的互换性有哪几种?采用不完全互换的条件和意义是什么?
3. 何谓标准化?它和互换性有何关系?标准应如何分类?
4. 试举例说明互换性在日常生活中的应用实例(举5个例)。
5. 何谓优先数系?基本系列有哪些?公比如何?派生系列是怎样形成的?

二、作业题

1. 按优先数的基本系列确定优先数:
 - (1) 第一个数为10,按R5系列确定后五项优先数。
 - (2) 第一个数为100,按R10/3系列确定后三项优先数。
2. 试写出R10优先数系1~100的全部优先数(常用值)。
3. 普通螺纹公差自3级精度开始其公差等级系数为0.50、0.63、0.80、1.00、1.25、1.60、2.00。试判断它们属于优先数系中的哪一种?其公比是多少?

2.1 基本概念

2.1.1 测量、检验与检定

零件要通过检测才能判断其合格性,因此检测是实现互换性生产的重要保证。生产中的检测包括测量和检验。

测量是获取被测量量值的实验过程。具体说,测量是将被测量与具有计量单位的标准量进行比较,从而确定两者比值的实验过程。

检验是确定被测量是否在规定的验收极限范围内,以便作出零件合格与否的判断,但不能得出被测量的实际数值。

一个完整的测量过程包括四个要素:测量对象和被测量,计量单位和标准量,测量方法和测量器具,测量精度和测量结果。

① 测量对象和被测量:本课程研究的测量对象是零件的几何量,包括长度、角度、表面粗糙度、形状误差、位置误差以及螺纹和齿轮的各种几何参数等。长度是线值量,而表面粗糙度、形状误差、位置误差以及角度误差通常以线值量作定量指标,所以长度是基本的几何量。

② 计量单位和标准量:在机械制造中常用的单位为毫米(mm),在几何量精密测量中,长度单位用微米(μm),角度单位用度($^{\circ}$)、分(')、秒(")。

③ 测量方法和测量器具:测量方法是指在进行测量时所采用的理论运算、测量器具与测量条件的总和。在实际工作中,是指获得测量结果的方式。

④ 测量精度和测量结果:测量结果是测量所得到的被测量的量值。测量精度表示测量结果与真值的一致程度。

在测量技术领域和技术监督工作中还经常用到检定。

所谓检定是指评定计量器具的精度指标是否合乎该计量器具的检定规程的全部过程。例如,用量块来检定千分尺的精度指标等。



2.1.2 测量基准和尺寸传递系统

1. 长度单位和长度基准

1984年国务院发布了《关于在我国统一实行法定计量的命令》，决定在采用国际单位制的基础上进一步统一我国的计量单位，并发布了《中华人民共和国法定计量单位》，其中规定“米”(m)为长度的基本单位，同时使用米的十进倍数和分数单位，如千米(km)和毫米(mm)， $1\text{ km} = 1\,000\text{ m}$ ， $1\text{ m} = 1\,000\text{ mm}$ 。

“米”的定义经历了一个随着科学技术长度进步而发展的过程，最初是由法国创立的。1875年，国际米制公约规定以通过巴黎的地球子午线的四千万分之一的长度为1 m。1960年，第十一届国际计量大会决定将米的定义改为“米的长度等于 Kr^{86} 原子在真空中从能级 2P_{10} 跃迁至 5d_5 时所辐射的谱线波长的 $1\,650\,763.73$ 倍。”1983年10月，第十七届国际计量大会正式通过“米”的新定义为“米是光在真空中 $1/299\,792\,458\text{ s}$ 的时间间隔内所行进的路程长度。”1985年3月起，我国用碘吸收稳频的 $0.633\text{ }\mu\text{m}$ 氦氖激光辐射波长作为国家长度基准，其频率稳定度为 10^{-9} ，国际上少数国家已将频率稳定度提高到 10^{-14} ，我国于20世纪90年代初采用单粒子存储技术，已将辐射频率稳定度提高到 10^{-17} 的水平。由于“米”的新定义建立在光速的基础上，不受基准物质性质的限制，因此为提高单位量值的复现精度展示了更广阔的前景。

2. 长度量值传递系统

除特别精密零件的测量外，用光波波长作为长度基准在生产实际中难以直接测量零件，只有把长度基准准确地传递到生产中的计量器具和零件上去，才能保证量值的统一。为此，需要在全国范围内从组织到技术上建立一套严密而完整的体系，即长度量值传递系统。我国的长度量值传递系统是从基准谱线开始，分为两个平行系统向下传递：一个是端面量具(量块)系统，另外一个为刻线量具(线纹尺)系统。图2-1所示为我国现行的长度量值传递系统。在尺寸传递系统中量块是按“等”分的。

3. 角度尺寸基准和传递系统

角度计量也属于长度计量范畴，弧度可用长度比值求得，一个圆周角定义为 360° ，因此角度不必再建立一个自然基准。但在实际应用中，为了稳定和测量需要，仍然必须建立角度量值基准以及角度量值的传递系统。过去常以角度量块作基准，并以它进行角度的量值传递。近年来，随着角度计量要求的不断提高，出现了高精度的测角仪和多面棱体。角度量值传递系统如图2-2所示。

2.1.3 量块

1. 量块及其选用

量块是端面量具，又称块规。量块是一对相互平行测量面间具有精确尺寸，且其截面为矩形的长度测量工具。它是用来把长度尺寸从光波波长传递到产品的块状实物量具，是尺寸传递系统中一种十分重要的工具；除了作为长度基准的传递媒介以外，也可用来检定、校对和调整计量器具，有时还用于直接测量工件、精密划线以及精密机床的调整。

量块要用膨胀系数小、材质稳定、耐磨、不易变形的材料制作，一般都选用铬锰钢。量块的形状通常做成长方体(图2-3)，其中两个非常光滑、平整且平行的平面称为测量面。

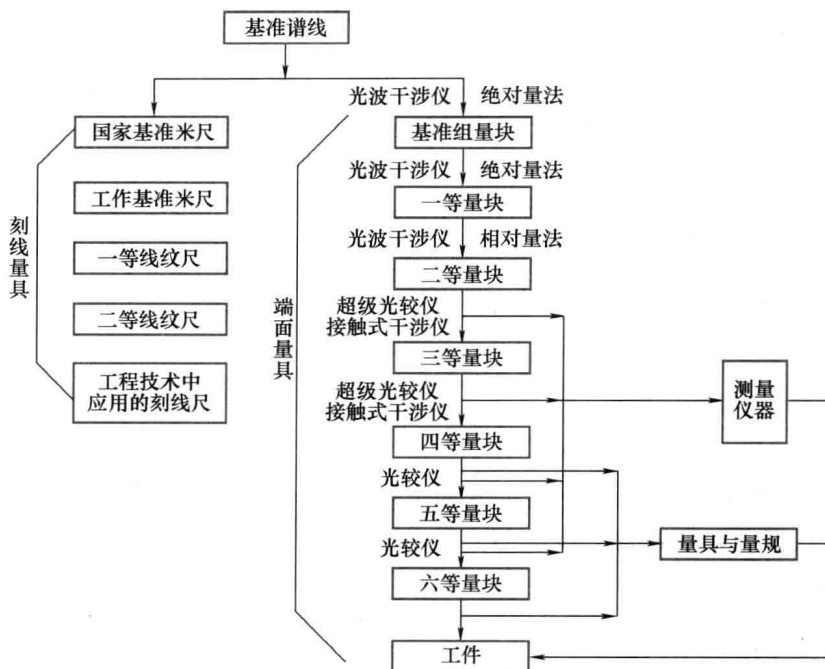


图 2-1 长度量值传递系统

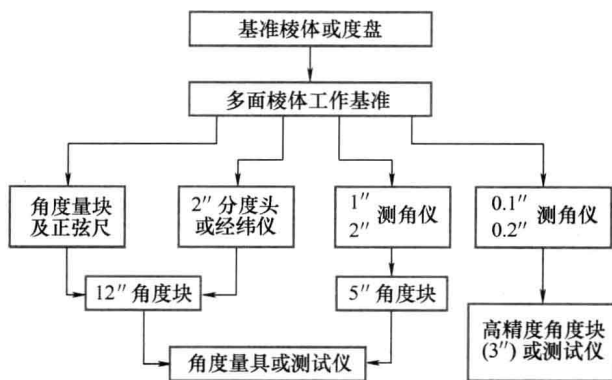


图 2-2 角度量值传递系统

量块的尺寸包括量块长度和量块中心长度。量块长度是指量块一个测量面上的一点(距边缘 0.5 mm 的区域除外)至与此量块另一测量面相研合的辅助体表面(其表面的质量、材质与量块相同)之间的垂直距离。测量面上任意点的量块长度称为量块的任意点长度,测量面上中心点的量块长度称为量块中心长度。量块测量面上最大和最小量块长度之差称为量块长度变动量。每块量块只反映一个长度尺寸。

由于量块的测量面都是经过超精研制成的,因此测量面十分光滑和平整。当一量块的测量面沿着另一量块的测量面滑动时,稍加压力,两量块便能粘合在一起。量块的这种通过分子引力